

УДК 681.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

Стёпина Е.Н.

научный руководитель канд. техн. наук, доцент Максимова О.М.
Сибирский федеральный университет инженерно – строительный институт

В последние несколько лет мы наблюдаем взрыв интереса к нейронным сетям, которые успешно применяются в самых различных областях - бизнесе, медицине, технике, геологии, физике. Нейронные сети вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления. Такой впечатляющий успех определяется несколькими причинами:

- Богатые возможности. Нейронные сети – исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости.
- Простота в использовании. Нейронные сети учатся на примерах. Пользователь нейронной сети подбирает представительные данные, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически воспринимает структуру данных. При этом от пользователя, конечно, требуется какой-то набор эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготавливать данные, выбирать нужную архитектуру сети и интерпретировать результаты, однако уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов статистики.

Нейронные сети привлекательны с интуитивной точки зрения, ибо они основаны на примитивной биологической модели нервных систем. В будущем развитие таких нейробиологических моделей может привести к созданию действительно мыслящих компьютеров.

Области применения нейронных сетей весьма разнообразны — это распознавание текста и речи, семантический поиск, экспертные системы и системы поддержки принятия решений, предсказание курсов акций, системы безопасности, анализ текстов. В данной курсовой работе рассматривается пример использования нейронной сети для аппроксимации функции.

Наверно, в каждой предметной области при ближайшем рассмотрении можно найти постановки нейросетевых задач. Вот перечень отдельных областей, где решение такого рода задач имеет практическое значение уже сейчас: экономика и бизнес, медицина, авионика, связь, интернет, автоматизация производства, политологические и социологические технологии, безопасность и охранные системы, ввод и обработка информации, геологоразведка. В этот список входит и строительная сфера, но в ней очень мало разработок по применению нейронных сетей и те что практически не имеют места быть на реальном производстве.

Что такое искусственные нейронные сети

Искусственные нейронные сети (в дальнейшем ИНС, нейронная сеть или нейросеть) — математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети Маккалока и Питтса. После разработки алгоритмов обучения, получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др.

ИНС представляют собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты, особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединёнными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

В магистерской диссертации рассматриваются задачи интерполяции и экстраполяции для таких строительных элементов как балка, плита, которые решаются с помощью нейронных сетей в программном комплексе Statistica 4.

Использование нейронных сетей для решения задач строительной механики

1 Использование ИНС для решения одномерных задач

В качестве примера используются шарнирно опертая балка длиной $l=23$ м, прямоугольного сечения $b=h=1$ м, бетон тяжелый В15, объемный вес $2,5 \text{ Т/м}^3$, нагружена равномерно распределенной нагрузкой $q=2 \text{ Т/м}$.

Для нейросетевого исследования используются расчетные данные (момент инерции M_y (Т*м) и поперечная сила Q_x (Т)), полученные с помощью программного комплекса SCAD Office на сетке $n=24$.

1.1 Задача интерполяции (заполнение пробелов)

Задача формулируется следующим образом: известны момент инерции M_y и поперечная сила Q_x в узлах на расстоянии 3 м. Требуется с помощью нейронной сети определить момент инерции M_y и поперечную силу Q_x в промежуточных узлах.

Входными данными являются номера узлов, часть из которых являются обучающими (1,4,7,10,13,16,19,22,24), а часть тестовыми (3,9,15,21,23), выходными соответственно силы: момент инерции M_y и поперечная сила Q_x .

Обучение проходит с поиском наилучшей сети, в качестве функции выступает радиально-базисная (RBF), относительная погрешность обучения сети составила $1.068\text{e-}15$.

Вывод: решение задачи интерполяции с помощью нейронной сети не составляет проблем, решается быстро (2сек), максимальная относительная погрешность на тестовых примерах составляет всего $1.068\text{e-}15$.

1.2 Задача экстраполяции

Задача формулируется следующим образом: известны момент инерции M_y и поперечная сила Q_x на 4/5 части балки, требуется определить M_y и Q_x на оставшейся 1/5 части.

Определение внутренних сил сразу за 1 шаг в крайней точке балки дает неприемлемо большую абсолютную погрешность 21.17991 для момента и 9.467819 для поперечной силы.

Поэтому используется метод пошаговой экстраполяции, с постепенным уменьшением шага экстраполяции.

Вывод: метод пошаговой экстраполяции помогает получить результаты с более высокой точностью, абсолютная погрешность составляет -0.9341197 для момента и 1.090485 для поперечной силы.

2 Использование н.с. для решения двумерной задачи

В качестве примера используется плита с размерами в плане 15x15 м, высотой 0.22 м, бетон тяжелый В15, объемный вес 24.525 кН/м^3 , нагружена равномерно распределенной нагрузкой $q=10 \text{ кН/м}^2$.

Для нейросетевого исследования используются расчетные данные (момент инерции M_y (кН*м) и прогибы), полученные с помощью программного комплекса SCAD Office на сетке 15x15.

2.1 Задача интерполяции (заполнение пробелов)

Постановка задачи следующая: известны момент инерции и прогибы в узлах сетки. Требуется с помощью нейронной сети определить момент инерции и прогибы в промежуточных узлах.

Входными данными являются координаты узлов, часть из которых являются обучающими, а другая часть тестовыми, выходными соответственно: момент инерции и прогиб в интересующих узлах.

Обучение проходит с поиском наилучшей сети, в качестве функции выступает радиально-базисная (RBF), относительная погрешность составила $7.937e-15$.

Внутри области точность составляет практически 100%, погрешность минимальна. При приближении к контуру погрешность увеличивается, поэтому, чтобы приемлемых по точности результатов, нужно использовать пошаговое прогнозирование.

Вывод: решение задачи интерполяции с помощью нейронной сети не составляет никаких проблем, является очень эффективным, решается быстро (3 сек), относительная погрешность составляет всего $7.937e-15$. Особое внимание уделить контурным точкам.

2.2 Задача экстраполяции

Задача формулируется следующим образом: известны момент инерции и прогибы в узлах на 2/3 части плиты, требуется определить значения моментов и прогибов на оставшейся 1/3 части.

Определение интересующих значений сразу за 1 шаг в крайних точках плиты дает неприемлемую погрешность, которая для точки с координатами (0,15) при нахождении прогиба составляет 160.7089. Поэтому используют метод пошаговой экстраполяции.

Вывод: экстраполяция на дальние расстояния является проблемной для всех задач, в том числе и в нейронных сетях. Но если идти с малым шагом, то можно улучшить полученные результаты.